不同比例大黑山薏苡草粉饲粮对生长肉兔生长性能、养分表观消化率和屠宰性能的影响

田　刚[1,2]　鲁院院[1,2*]　余　冰[1,2]　向素梅[1,2]　曾绘锦[1,2]　蔡景义[1,2]　周树峰[3]

（1.四川农业大学动物营养研究所，成都 611130；2.动物抗病营养教育部重点实验室，成都 611130；3.四川农业大学玉米研究所，成都 611333）

摘　要：本试验旨在评估大黑山薏苡草粉替代饲粮中不同比例的苜蓿草粉对生长肉兔生长性能、健康状况、养分表观消化率和屠宰性能的影响。选取150只体重相近的35日龄断奶纯种新西兰白兔用于如下2项试验：将体重为（1.00±0.09） kg的100只试验兔随机分为5组（每组10个重复，每个重复2只），进行28 d的饲养试验；将体重为（1.12±0.05） kg的50只试验兔随机分为5组（每组10个重复，每个重复1只），进行11 d消化试验（其中样品收集期为4 d）。2项试验中的5组试验兔均随机饲喂5种等能、等氮、等纤维的试验饲粮，包括1种对照饲粮（含16%的苜蓿草粉，C组）及4种以大黑山薏苡草粉替代对照饲粮中25%（S25组）、50%（S50组）、75%（S75组）和100%（S100组）苜蓿草粉的测试饲粮。结果显示：1）各时期各组间平均日采食量（ADFI）、平均日增重（ADG）和料重比（F/G）无显著差异（P>0.05），但全期ADG和F/G以S50组较优。全期的发病率、死亡率和健康风险指数，以及试验结束时的热胴体重、商业胴体重、参考胴体重、商业屠宰率和滴水损失各组间均无显著差异（P>0.05），但S50组的多数指标在数值上要高于C组。2）大黑山薏苡草粉替代饲粮中不同比例的苜蓿草粉对饲粮中干物质（DM）、粗蛋白质（CP）、粗脂肪（EE）、粗灰分（Ash）、中性洗涤纤维（NDF）、钙（Ca）和磷（P）的表观消化率有显著或极显著影响（P<0.05或P <0.01），4个测试组（S25、S50、S75和S100组）所有养分表观消化率[除S100组EE表观消化率低于和4个测试组粗纤维（CF）表观消化率相当外]均不同程度地高于C组，尤其是S50组。由此可见，在本试验条件下，大黑山薏苡草粉可完全替代商品兔饲粮中的苜蓿草粉，但以50%比例替代为佳。

关键词：大黑山薏苡草粉；生长性能；养分表观消化率；屠宰性能；生长肉兔

中图分类号：S816　　　　文献标识码：A　　　　　文章编号：

家兔对纤维要求高，依测定方法不同，其全价饲粮中纤维含量占15%～45%，且主要由苜蓿草粉和农产品加工副产物提供[1]。然而，作为世界家兔生产和消费大国，我国苜蓿产量供不应求，且价格节节攀升[2]。因此，寻找新型饲草资源并系统评价其营养和饲用价值对我

收稿日期：2017-11-10

基金项目：四川省科技支撑项目（2016NZ0002）；四川农业大学“双支计划”项目

作者简介：田　刚（1974-），男，重庆黔江人，副教授，博士，主要从事家兔营养与饲料高效利用研究。

E-mail: tgang2008@126.com

*同等贡献作者

国养兔业可持续发展具有重要现实意义。薏苡为禾本科薏苡属一年或多年生草本植物，具有悠久的种植历史。它不仅具有适应性强、分蘖能力强、生物量大、茎叶量丰富、草质柔嫩和适口性好等优点[3-4]，而且其各部位（如根、茎、叶、籽实）均含有丰富的养分和活性成分[3-8]。因此，薏苡具有极高的食药价值[3-6]，也是一种潜在的饲草[3-6,9-12]。国内外已对薏苡尤其是薏苡仁的营养和药用价值进行了较广泛的研究[3-13]，薏苡作饲料使用也有少量报道[3-6,9-18]。据报道，薏苡籽实或薏苡仁是很好的家禽[4-6]、猪[5]和奶牛[12]饲料，其加工副产物如薏苡仁糠[4,15-16]和薏仁米外衣粉[17]也可作家禽[4,15]、肉兔[16-17]和生长猪[16]饲料。青刈薏苡是草食动物特别是牛、马和羊的优质青绿饲料[3-4,6,8,10-12]，可提高奶牛的乳脂率[12]，也可制成青贮饲料[4,11]。薏苡秸秆既可直接作为粗饲料，也可制成青贮饲料饲喂反刍动物[14,18]，后者还可作猪饲料[18]。此外，印度还将薏苡叶用作大象饲料[4]。研究表明，薏苡干草或草粉的化学成分与其他禾本科作物相似[5]，其品质与我国 3 级苜蓿草粉相当[12]。然而，目前尚未见有关薏苡草粉作为家兔饲料的报道。因此，本试验在作者已有研究[13]的基础上，进一步考察大黑山薏苡（*Coix lacryma-jobi* cv. Daheishan）草粉替代饲粮中不同比例的苜蓿草粉对生长肉兔生长性能、健康状况、养分表观消化率和屠宰性能的影响，旨在初步评价大黑山薏苡草粉的饲用价值，为丰富我国的饲料原料数据库提供参考资料。

1　材料与方法

1.1　试验材料

大黑山薏苡草粉采集于四川农业大学玉米育种云南西双版纳基地，为花期前刈割、自然晒干后的粉碎样品，其主要化学成分含量如下：干物质（DM）88.46%、总能（GE）16.94%、粗蛋白质（CP）13.46%、粗纤维（CF）29.58%、粗脂肪（EE）1.02%、粗灰分（Ash）13.19%、钙（Ca）1.21%和磷（P）0.20%[13]。

1.2　试验设计

本研究包括饲养试验和消化试验，均采用单因素试验设计。选取 100 只健康的 35 日龄断奶纯种新西兰白兔（未考虑性别，下同），按体重相近[（1.00±0.09） kg]的原则随机分为 5 组（每组 10 个重复，每个重复 2 只），进行为期 28 d 饲养试验。同时，另选 50 只体重（1.12±0.05） kg 的动物按上述原则随机分成 5 组（每组 10 个重复，每个重复 1 只），参照 Pérez 等[19]的方法进行为期 11 d（其中样品收集期为 4 d）体内消化试验。

2 项试验中的 5 组试验兔均随机饲喂 5 种等能、等氮、等纤维的试验饲粮，包括 1 种对照饲粮（含 16%的苜蓿草粉，C 组）及 4 种以大黑山薏苡草粉替代对照饲粮中 25%（S25 组）、50%（S50 组）、75%（S75 组）和 100%（S100 组）苜蓿草粉的测试饲粮。

1.3 试验饲粮

按照试验设计要求，并参照 De Blas 等[20]推荐的生长兔营养需要配制 5 种等能、等氮、等纤维的试验饲粮，其组成和营养水平见表 1。所有饲粮制成直径为 2.50 mm 颗粒料。

表 1 试验饲粮组成及营养水平（干物质基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of experimental diets (DM basis) %

项目 Item	组别 Groups				
原料 Ingredients	C	S25	S50	S75	S100
大黑山薏苡草粉 *Coix lacryma-jobi* cv. Daheishan meal		4.00	8.00	12.00	16.00
苜蓿草粉 Alfalfa meal (CP 14%～15%)	16.00	12.00	8.00	4.00	
玉米 Corn	21.41	21.22	21.07	21.12	22.43
大豆粕 Soybean meal	15.34	15.69	16.21	16.80	17.66
小麦麸 Wheat bran	22.32	22.29	21.78	20.93	18.47
统糠 Rice bran and hull	9.07	8.87	8.74	8.63	8.57
花生壳 Peanut hull	8.96	9.01	9.08	9.19	9.49
大豆油 Soybean oil	3.01	3.15	3.37	3.58	3.64
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
石粉 Limestone	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
氯化钠 NaCl	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
L-赖氨酸盐酸盐 *L*-Lys • HCl (98.5%)	0.09	0.05	0.03	0.03	0.02
DL-蛋氨酸 *DL*-Met(98.5%)	0.40	0.32	0.32	0.32	0.32
预混料 Premix1)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels2)					
消化能 DE/(MJ/kg)	11.28 (11.07)	11.28 (11.32)	11.28 (11.43)	11.28 (11.39)	11.28 (11.03)
粗蛋白质 CP	17.50 (17.22)	17.50 (17.42)	17.50 (17.43)	17.50 (18.13)	17.50 (18.01)
粗纤维 CF	17.14 (20.49)	17.14 (19.87)	17.14 (19.65)	17.14 (19.42)	17.14 (19.66)
中性洗涤纤维 NDF	34.81 (36.34)	35.15 (37.60)	35.37 (36.41)	35.49 (36.71)	35.21 (36.39)
酸性洗涤纤维 ADF	21.22 (25.52)	21.22 (24.58)	21.23 (24.57)	21.23 (25.00)	21.22 (25.00)
酸性洗涤木质素 ADL	7.19 (7.96)	7.11 (8.13)	7.05 (8.03)	6.98 (8.09)	6.94 (8.09)
钙 Ca	1.05 (0.97)	1.05 (0.95)	1.05 (0.95)	1.05 (0.97)	1.05 (0.99)
总磷 TP	0.59 (0.49)	0.59 (0.53)	0.59 (0.55)	0.59 (0.53)	0.59 (0.49)
总赖氨酸 TLys	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
总蛋氨酸 TMet	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62

1) 预混料为每千克饲粮提供 Premix provided the following per kilogram of diets:Fe 30 mg，Cu 6 mg，Zn 35 mg，Mn 8 mg，Se 0.05 mg，Co 0.3 mg，I 0.4 mg，VA 6 000 IU，VD 900 IU，VE 15 IU，VK_3 1 mg，生物素 biotin 100 μg，胆碱 choline 100 mg，吡哆醇 pyridoxine 0.5 mg，核黄素 riboflavin 3 mg，VB_{12} 9 μg，烟酸 niacin 35 mg，泛酸 pantothenic acid 8 mg。

2) 括号外为计算值，括号内为实测值。The calculated and measured values lied outside and inside of parentheses, respectively.

1.4 饲养管理

试验在四川农业大学动物营养研究所科研基地进行。试验动物饲养于经甲醛和高锰酸钾（2:1）熏蒸消毒 3 d 后的兔舍内代谢笼中，代谢笼为配备自动饮水装置、粪尿可分开的网底金属笼（60 cm×60 cm×45 cm）。舍内温度（16.1±1.45） ℃，相对湿度（77.96±6.27）%，自然采光和通风。试验动物日喂 2 次（09:00 和 18:00），自由采食和饮水。

1.5 样品采集与指标测定

1.5.1 生长性能

以重复为单位，每日称重并记录给料量、余料量和浪费料量（如被动物刨出而浪费的饲料等），计算各组每只动物的平均日采食量（ADFI）；试验开始（第 1 天）、中期（第 15 天）和结束时（第 29 天）早晨喂料前称重每只动物，计算不同时间段各组每只动物的平均日增重（ADG）；根据采食量和体增重计算各组的料重比（F/G）。患病或死亡动物的采食量按 Gidenne[21]的方法结算。

ADFI（g/d）=试验期间总采食量/试验天数；

ADG(g/d）=（试验结束时体重－试验开始时体重）/试验天数；

F/G=试验期间总采食量/（试验结束时体重－试验开始时体重）。

1.5.2 健康状况

每日观察并记录动物健康状况，参照 Gidenne[22]的方法计算发病率、死亡率和健康风险指数。

发病率（%）=100×试验中发病动物数/试验开始时动物数；

死亡率（%）=100×试验中死亡动物数/试验开始时动物数；

健康风险指数（%）=100×试验中发病和死亡动物数/试验开始时动物数。

1.5.3 屠宰性能

试验结束当天（第 29 天）早晨称重后，每组随机选取接近平均体重的 4 只试验动物，按 Blasco 等[23]的方法屠宰取样，依次测定各组每只动物的热胴体重（即屠宰后 15～30 min

胴体的重量，g)、商业胴体重（即屠宰后约 1 h，胴体在通风冷藏室（0～4 ℃）内冷藏 24 h 后的重量，g)、参考胴体重、商业屠宰率和滴水损失。

参考胴体重（g）=商业胴体重-（头重+肝脏重+肾脏重+胸部和颈部的器官重)；

商业屠宰率(%)=100×商业胴体重/活体重；

滴水损失（%）=100×（热胴体重-商业胴体重）/热胴体重。

1.5.4　养分表观消化率

按 Pérez 等[19]的方法收集和处理粪样，测定饲粮和粪样中 DM、GE、CP、CF、EE、Ash、Ca、P、酸性洗涤纤维（ADF）、中性洗涤纤维（NDF）和酸性洗涤木质素（ADL）的含量，计算其表观消化率。

某养分表观消化率（%）=100×（食入的该养分的量-对应粪中该养分的量）/食入的该养分的量。

1.6　数据处理与统计分析

数据经 Excel 2013 处理后，用 SAS 9.2 统计软件对生长性能、屠宰性能和养分表观消化率数值进行单因素方差分析和 Duncan 氏法多重比较，对发病率、死亡率和健康风险指数进行χ^2检验。结果以平均值(mean)和标准误（SEM）表示，P<0.05 和 P<0.01 分别表示差异显著和极显著，P>0.05 表示差异不显著。

2　结果与分析

2.1　大黑山薏苡草粉替代饲粮中不同比例的苜蓿草粉对生长肉兔生长性能和健康状况的影响

由表 2 可知，各时期各组间 ADFI、ADG 和 F/G 均无显著差异（P>0.05），但全期 ADG 和 F/G 以 S50 组较优。此外，整个饲养试验期内各组均无动物死亡，发病率和健康风险指数各组间也均无显著差异（P>0.05），但 4 个测试组（S25、S50、S75、S100 组）的发病率有低于对照组（C 组）的趋势（表 3）。

表 2　饲喂含不同比例大黑山薏苡草粉饲粮生长肉兔的生长性能

Table 2　Growth performance of growing meat rabbits fed diets with different proportions of *Coix lacryma-jobi* cv. Daheishan meal

项目 Items	时间 Time	组别 Groups					标准误 SEM	*P* 值 *P*-value
		C	S25	S50	S75	S100		
平均日采食量 ADFI/g	第 1～14 天	86.32	84.84	83.41	84.90	84.11	3.94	0.558
	第 15～28 天	95.76	98.64	99.83	98.17	101.38	4.77	0.214

	1～28	90.84	91.82	91.74	91.80	92.84	3.06	0.789
平均日增重	1～14	28.83	29.14	29.39	29.70	27.63	4.60	0.875
ADG/g	15～28	24.66	24.88	26.69	24.90	27.54	4.14	0.542
	1～28	27.22	27.04	28.09	27.49	27.58	3.11	0.969
料重比	1～14	3.09	2.93	2.92	2.87	3.14	0.14	0.592
F/G	15～28	3.97	3.85	3.79	3.91	3.71	0.51	0.864
	1～28	3.36	3.41	3.32	3.37	3.40	0.33	0.982

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著(P>0.05)，不同小写字母表示差异显著(P<0.05)，不同大写字母表示差异极显著(P>0.01)。下表同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference (P>0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), and with different capital letter superscripts mean significant difference (P<0.01). The same as below.

表 3　饲喂含不同比例大黑山薏苡草粉饲粮生长肉兔的健康状况

Table 3　Health status of growing meat rabbits fed diets with different proportions of *Coix lacryma-jobi* cv. Daheishan meal　　%

项目 Item	组别 Groups C	S25	S50	S75	S100	卡方值 χ^2-value	*P* 值 *P*-value
发病率 Morbidity	15.00	5.00	5.00	10.00	5.00	2.17	0.704
死亡率 Mortality	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.000
健康风险指数 Health risk index	15.00	5.00	5.00	10.00	5.00	2.17	0.704

2.2　大黑山薏苡草粉替代饲粮中不同比例的苜蓿草粉对生长肉兔养分表观消化率的影响

由表 4 可知，大黑山薏苡草粉替代饲粮中不同比例的苜蓿草粉对饲粮中 GE、CF、ADF 和 ADL 的表观消化率及 DE 无显著影响（P>0.05），但对饲粮中 DM、CP、EE、Ash、NDF、Ca 和 P 的表观消化率有显著（P<0.05）或极显著（P<0.01）影响，且除 S100 组的 EE 表观消化率略低于 C 组（P>0.05）外，4 个测试组其余养分的表观消化率均不同程度地高于 C 组（CF 的表观消化率与之相当）；4 个测试组间，仅 EE 和 P 的表观消化率有较大差异。

表 4　饲喂含不同比例大黑山薏苡草粉饲粮生长肉兔的养分表观消化率

Table 4　Nutrient apparent digestibility of growing meat rabbits fed diets with different proportions of *Coix lacryma-jobi* cv. Daheishan meal　　%

项目 Items	组别 Groups C	S25	S50	S75	S100	标准误 SEM	*P* 值 *P*-value

消化能 DE/(MJ/kg DM)	11.03	11.33	11.44	11.39	11.03	0.49	0.235
表观消化率 Apparent digestibility							
干物质 DM	56.75^{a}	59.10^{b}	59.95^{b}	59.83^{b}	58.46^{ab}	2.48	0.039
总能 GE	59.03	60.05	60.68	60.61	58.81	2.62	0.361
粗蛋白质 CP	76.11^{Aa}	79.00^{ABb}	81.47^{Bb}	80.82^{Bb}	79.60^{ABb}	2.83	0.001
粗纤维 CF	13.89	14.21	16.50	14.21	13.86	4.16	0.559
酸性洗涤纤维 ADF	13.03	13.29	15.46	15.07	14.47	3.72	0.605
中性洗涤纤维 NDF	20.33^{Aa}	26.98^{Bb}	27.59^{Bb}	27.29^{Bb}	26.39^{Bb}	4.48	0.003
酸性洗涤木质素 ADL	6.80	8.08	8.99	9.20	8.10	3.64	0.647
粗脂肪 EE	77.48^{ABab}	80.12^{BCcd}	82.09^{Cd}	78.51^{ABbc}	75.87^{Aa}	2.48	0.000
粗灰分 Ash	47.86^{a}	52.85^{b}	52.98^{b}	51.68^{b}	52.70^{b}	3.97	0.029
钙 Ca	55.34^{Aa}	57.49^{Ab}	59.52^{Bb}	59.49^{Bb}	59.29^{Bb}	2.23	0.000
磷 P	53.45^{Aa}	69.72^{Cc}	63.64^{BCb}	70.31^{Cc}	58.58^{ABab}	6.43	0.000

2.3 大黑山薏苡草粉替代饲粮中不同比例的苜蓿草粉对生长肉兔屠宰性能的影响

由表 5 可知，各组间活体重、热胴体重、商业胴体重、参考胴体重、商业屠宰率和滴水损失均无显著差异（*P*>0.05），但总体而言，S50 组略优于其余组。

表 5 饲喂含不同比例大黑山薏苡草粉饲粮生长肉兔的屠宰性能

Table 5 Slaughter performance of growing meat rabbits fed diets with different proportions of *Coix lacryma-jobi* cv. Daheishan meal

项目 Item	组别 Groups C	S25	S50	S75	S100	标准误 SEM	*P* 值 *P*-value
活体重 Live weight/g	1 656.64	1 673.88	1 683.26	1 645.94	1 644.76	68.62	0.867
热胴体重 Hot carcass weight/g	923.48	953.76	975.10	937.08	934.24	30.59	0.110
商业胴体重 Commercial carcass weight/g	909.12	939.88	959.68	921.38	918.40	31.18	0.121
参考胴体重 Reference carcass weight/g	743.78	764.78	788.80	753.26	755.60	26.45	0.120
商业屠宰率 Commercial dressing percentage/%	54.91	56.23	57.02	56.02	55.88	2.09	0.623
滴水损失 Drip loss percentage/%	1.56	1.46	1.58	1.67	1.70	0.26	0.609

3 讨 论

3.1 大黑山薏苡草粉替代饲粮中不同比例的苜蓿草粉对生长肉兔生长性能、健康状况和屠宰性能的影响

本试验发现，以大黑山薏苡草粉替代饲粮中不同比例的苜蓿草粉后，不仅对生长肉兔的

生长性能、健康状况和屠宰性能均无明显不良影响，而且 50%替代组（S50 组）还略有改善部分指标的趋势。就生长性能而言，该结果与薏苡仁粉饲喂蛋鸡[5]，青刈薏苡饲喂奶牛[12]，薏仁米外衣粉饲喂肉兔[17]，薏苡仁糠饲喂蛋鸡[4]、肉鸡[15]、肉兔[16]和生长猪[16]，薏苡秸秆生物饲料饲喂牛、羊和猪[18]的报道基本一致；同时，也与一些中草药在家兔上的应用效果类似[24-25]。其可能原因在于：1）薏苡草质柔嫩、适口性好[3-4,12]，确保了生长肉兔有足够的采食量。2）薏苡草粉中含有多种养分，且营养价值高[7-8,13]，与其他原料组合可满足动物生长所需的养分。据报道，与苜蓿草粉相比，薏苡草粉的纤维组分更接近家兔的营养和消化生理需要，其粗蛋白质含量与我国 3 级苜蓿草粉接近，且氨基酸更平衡，铜、锌和锰元素含量也较苜蓿草粉高[8]。3）薏苡是一种多功效的中药，其叶具有清热利湿，温中散寒，舒盘活血，暖胃益气，健脾杀虫等作用[26]；其茎叶中含有多种活性成分，如多糖、有机酸、薏苡素、黄酮类、生物碱、多酚类、植物甾醇、挥发油、香豆素类、三萜类和苷类等[8,27]，其中一些成分具有抗癌[4,26]、抗病毒[4]、抑菌[27]、抗炎[4]、抗过敏[4]、抗惊厥[4]、抗氧化[4,28-29]、免疫调节[30]、改善代谢综合征[4]、保护胃肠道[4]及调节肠道微生物菌群[4]等多种作用，从而保证了动物的健康和正常生理功能的发挥。对于健康状况和屠宰性能，也可能是上述原因所致。这与一些中草药对家兔健康有益[25,31]和不显著影响屠宰性能[25]的报道基本一致。

3.2 大黑山薏苡草粉替代饲粮中不同比例的苜蓿草粉对生长肉兔养分表观消化率的影响

在本试验中，除完全替代组（S100 组）的 EE 表观消化率略低于对照组外，所有测试组的其余各养分（除 CF 外）表观消化率均不同程度地高于对照组，表明大黑山薏苡草粉替代饲粮中的苜蓿草粉可一定程度地提高生长肉兔的消化力，改善饲粮的消化利用效率。饲粮中添加大黑山薏苡草粉改善养分表观消化率可能与下列因素有关：1）薏苡草粉养分含量丰富，且平衡性较好[7-8,13]，保证了动物正常生长；2）薏苡草粉中含有一些活性成分如有机酸、多糖、黄酮类、酚酸、生物碱和多酚类等，确保了动物机体健康，刺激了胃肠道发育，促进了胃肠道结构和功能的完善，改善了肠道微生态系统[4,8,27-30]。而关于完全替代组 EE 表观消化率低于对照组的原因，目前尚不清楚，有待进一步研究阐明。

4 结 论

综上所述，在本试验条件下，大黑山薏苡草粉可完全替代饲粮中的苜蓿草粉用于商品兔生产，但以 50%替代比例为佳。

参考文献：

[1] GIDENNE T.Dietary fibres in the nutrition of the growing rabbit and recommendations to preserve digestive health:a review[J].Animal,2015,9(2):227–242.

[2] 智研咨询集团.2017–2022年中国苜蓿草行业深度调研及投资前景预测报告[EB/OL].[2017-10-30]http://www.chyxx.com/research/201702/492332.html.

[3] 赵晓明.薏苡[M].北京:中国林业出版社,2000:1–21.

[4] LIM T K.Edible Medicinal and non-medicinal plants:volume 5 fruits[M].Netherlands:Springer,2012:243–258.

[5] ARORA RK.Job’s-tears (*Coix lacryma.jobi*)—a minor food and fodder crop of northeastern India[J].Economic Botany,1977,31(3):358–366.

[6] SCHAAFFHAUSEN R V.Adlay or job’s tears-A cereal of potentially greater economic importance[J].Economic Botany,1952,6(3):216–227.

[7] 刘凡值,周明强,班秀文,等.11个薏苡属牧草品种材料比较试验[J].热带作物学报,2016,37(9):1670–1676.

[8] 王颖,赵兴娥,王微,等.薏苡不同部位营养成分分析及评价[J].食品科学,2013,34(5):255–259.

[9] KATAYAMA Y,DANJO T,KOZAKI Y.Cultivation of Job’s tears plant as a forage crop[J].Japanese Journal of Crop Science,1956,25(1):53.

[10] KUMAI S,FUKUMI R,TAJI K.Studies on Job’s-tears as forage crop. Ⅰ.Herbage production and chemical composition of fodder Job’s-tear millet (*Coix* L. var. frumentacea Makino)[J].Journal of Japanese Society of Grassland Science,1983,29(1):59–65.

[11] KUMAI S,FUKUMI R,TAJI K.Studies on Job’s-tear as forage crop. Ⅱ.Silage quality and feeding values of soiling crop and silage in Job’s-tear millet[J].Journal of Japanese Society of Grassland Science,1983,29(1):66–72.

[12] 高金香,吴世景,周宗运,等.薏苡饲料开发试验[J].饲料研究,1994(7):6–7.

[13] 鲁院院,田刚,余冰,等.晒干大黑山薏苡全株在生长肉兔上的营养价值评定[J].草业科学,2017,34(5):1100–1106.

[14] KUMAI S,FUKUMI R,TAJI K.Some experiments with Job’s tear millet (*Coix lacryma-jobi* L. var. frumentacea) on the quality of fresh stover silage and nutritive values of sun-cured stover and fresh stover silage[J].Memoirs of the College of Agriculture,Ehime University,1983,27(3):171–179.

[15] KULLAWONG S,HONGLADDAPRON C,KAKAISORN S.Effect of replacement of rice bran by Job’s tear bran in diets on growth performances in broiler chickens (in Thai)[J].Khon Kaen Agricultural Journal,2012,40(S2):488–492.

[16] 翁长江.薏苡副产品对兔及猪生长性能的影响[J].饲料博览,2013(10):37–39.

[17] 叶方,金睿,于秋鹏,等.以薏仁米外衣为主要原料的肉兔配合饲料研制与养殖示范[J].吉林农业,2011(4):102–103.

[18] 杨宝贵.薏仁米秸杆饲料化利用前景分析[J].经济管理（文摘版）,2016,10:323.

[19] PÉREZ J M,LEBAS F,GIDENNE T,et al.European reference method for *in vivo* determination of diet digestibility in rabbits[J].World Rabbit Science,1995,3(1):41–43.

[20] DE BLAS C,WISEMAN J.Nutrition of the rabbit[M].2nd ed.Wallingford: International,2010:228–230.

[21] GIDENNE T.Effect of fibre level reduction and gluco-oligosaccharide addition on the growth performance and caecal fermentation in the growing rabbit[J].Animal Feed Science and Technology,1995,56(3/4):253–263.

[22] GIDENNE T.Caeco-colic digestion in the growing rabbit:impact of nutritional factors and related disturbances[J].Livestock Production Science,1997,51(1/2/3):73–88.

[23] BLASCO A,OUHAYOUN J,MASOERO G.Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research[J].World Rabbit Science,1993,1(1):3–10.
[24] 章彦俊,常宝,吴丽敏,等.不同饲料添加剂对新西兰白兔生产性能的影响[J].畜牧与饲料科学,2011,32(3):91–93.
[25] 许腾.中草药添加剂对断奶獭兔生产性能及腹泻的影响[J].中国畜牧兽医,2013,40(11):93–96.
[26] 朱晓莹,林瑶,黄锁义,等.薏苡茎、叶提取液对肿瘤细胞增殖的抑制作用[J].食品研究与开发,2015,36(21):1–3.
[27] 李容,覃涛,梁榕珊,等.薏苡茎脂溶性成分 GC-MS 分析及抑菌活性研究[J].化学世界,2015,56(1):4–7.
[28] 陈雯静,黄锁义,喻巧容,等.不同极性薏苡茎提取物的抗氧化活性研究[J].食品工业,2017,38(6):104–106.
[29] 李远辉,郭圣奇,黄挺章,等.薏苡叶乙酸乙酯提取物的体外抗氧化活性研究[J].时珍国医国药,2015,26(5):1051–1053.
[30] HIDAKA Y,KANEDA T,AMINO N,et al.Chinese medicine,*Coix* seeds increase peripheral cytotoxic T and NK cells[J].Biotherapy,1992,5(3):201–203.
[31] 刘荣欣,仝军,鲁改儒.不同中草药组方添加剂防治早期断奶仔兔腹泻的效果观察[J].动物医学进展,2013,34(8):123–126.

Effects of Diets with Different Proportions of *Coix lacryma-jobi* cv. Daheishan Meal on Growth Performance, Nutrient Apparent Digestibility and Slaughter Performance of Growing Meat Rabbits

TIAN Gang[1,2] LU Yuanyuan[1,2*] YU Bing[1,2] XIANG Sumei[1,2] ZENG Huijin[1,2] CAI Jingyi[1,2] ZHOU Shufeng[3]

(1. *Animal Nutrition Institute, Sichuan Agricultural University*, *Chengdu* 611130, *China*; 2. *Key Laboratory for Animal Disease-Resistance Nutrition of Ministry of Education*, *Chengdu* 611130, *China*; 3. *Maize Research Institute*, *Sichuan Agricultural University*, *Chengdu* 611333, *China*)

Abstract: The current study was conducted to evaluate the effects of different proportions of *Coix lacryma-jobi* cv. Daheishan meal substituted for alfalfa meal on growth performance, health status, apparent nutrient digestibility and slaughter performance of growing meat rabbits. A total of 150 weaned New Zealand white rabbits, aged 35 days with similar body weight, were assigned to a 28-day feeding experiment and a 11-day digestion experiment. For feeding experiment, one hundred experimental rabbits with the body weight of （1.00±0.09） kg were randomly allocated to 5 groups with 10 replicates per group and 2 rabbits per replicate. For digestion experiment, fifty

Author, TIAN Gang, associate professor, E-mail: tgang2008@126.com
*Contributed equally

(责任编辑　菅景颖)

experimental rabbits with the body weight of （1.12±0.05） kg were allocated to 5 groups with 10 replicates per group and 1 rabbit per replicate. In the digestion experiment, the sampling period was 4 days. Eperimental rabbits in the 5 groups of feeding experiment or digestion experiment were fed five isoenergetic, isonitrogenous and isofibrous diets including one control diet （contaning 16% alfalfa meal, group C） and four test diets which used *Coix lacryma-jobi* cv. Daheishan meal to replace 25% (group S25), 50% (group S50), 75% (group S75) and 100% (group S100) alfalfa meal in the control diet, respectively. The results showed as follows: 1) there were no significant differences in average daily feed intake (ADFI), average daily gain (ADG) and feed/gain (F/G) in each period among groups (P>0.05), but the ADG and F/G in group S50 were better. The morbidity, mortality, health risk index in the whole period, and hot carcass weight, commercial carcass weight, reference carcass weight, commercial slaughter rate and drip loss percentage at the end of the test had no significant differences among groups (P>0.05), but the numerical value of most indicators in group S50 were higher than those in group C. 2) Different proportions of *Coix lacryma-jobi* cv. Daheishan meal substituted for alfalfa meal had significant effects on the apparent digestibility of dry matter, crude protein, ether extract, ash, neutral detergent fiber, calcium and phosphorus (P<0.05 or P<0.01). All nutrient apparent digestibility (except ether extract apparent digestibility lower and crude fibre apparent digestibility similar) in the 4 test groups (groups S25, S50, S75 and S100) were higher than those in group C, especially group S50. According to above results, dietary alfalfa meal of commercial rabbits can be totally replaced by *Coix lacryma-jobi* cv. Daheishan meal, and 50% is the best replacing proportion in this study.

Key words: *Coix lacryma-jobi* cv. Daheishan meal; growth performance; nutrient apparent digestibility; slaughter performance; growing meat rabbits